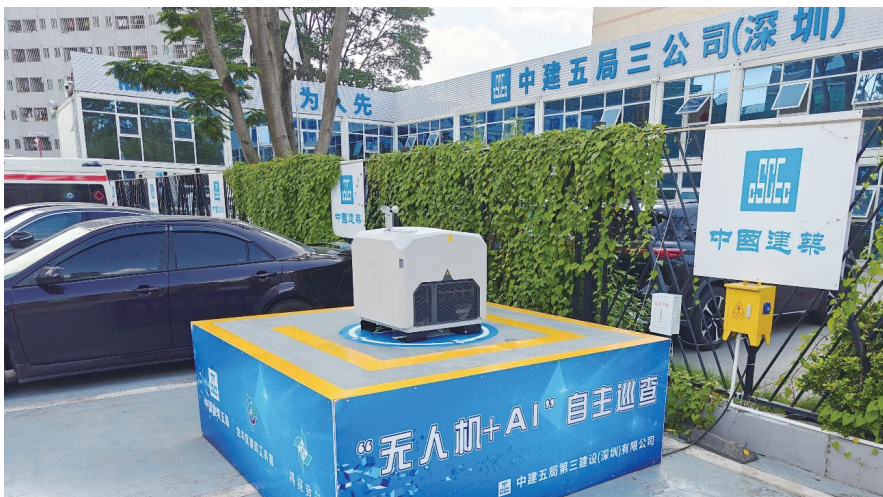


AI质量安全管理系统： 智能科技守护建筑施工“生命线”

文/唐培峰

质量与安全是建筑业的“生命线”，传统依赖人工巡检的模式存在“效率低、漏检率高、风险滞后”等问题，难以满足现代工程的管理需求。中建奇配研发的AI质量安全管理系统，通过“无人机+AI”“机器狗+多模态感知”等技术，构建了“自动化采集、智能化识别、闭环化处置”的全流程管控体系，为建筑施工装上“智慧眼睛”与“智能大脑”，重新定义了工程质量与安全管理标准。



无人机

“机器狗+多模态感知”：室内区域的精细化管控

机器狗搭载可见光相机、红外热像仪、激光雷达与蓝牙探针定位模块，具备灵活机动与复杂环境适应能力，可进入电梯井、地下室等人工难以抵达的区域，实现室内施工的“全方位体检”。

混凝土缺陷检测与定位

机器狗搭载的双光识别单元（可见光+红外）可精准捕捉混凝土表面的8类缺陷：蜂窝、麻面、孔洞、露筋、错台、烂根、裂缝、缺棱掉角。内嵌的AI算法通过深度学习数万张缺陷样本，能在0.5秒内完成单张图像的识别，准确率达95%以上。同时，蓝牙探针定位技术将缺陷位置误差控制在0.5米内，便于施工人员快速整改。在深圳市第三儿童医院项目中，机器狗单日完成3层病房混凝土墙面检测，发现12处蜂窝缺陷并标记位置，整改效率较人工提升4倍，且漏检率降至1%以下。

室内安全智能监管

通过机器狗搭载的AI图像设备和室内定位模块，系统可识别室内施工中的多项安全隐患：未佩戴安全帽、未穿反光衣、违规抽烟、明火作业、临边防护缺失等。一旦发现违规行为，机器狗立即发出声光报警，并将现场图像与位置信息上传至平台，同步推送至管理人员。在深圳龙华新时代技能人才学校项目的地下室施工中，该功能累计识别违规动火行为8次，及时制止了火灾风险，使室内安全事故发生率下降60%。

室内质量参数精准测量

机器狗搭载激光雷达三维扫描设备，可自动测量地面平整度、阴阳角垂直度、管线布设偏差等空间参数，精度达毫米级。系统根据扫描数据生

成检测报告，标注超差位置与数值，推动室内施工从“经验判断”向“数据驱动”转变。在长沙某商业综合体项目中，激光雷达扫描发现10处墙面垂直度偏差超3毫米，通过及时整改，确保了后期装修的顺利进行，避免了返工损失。

核心算法

让AI“看懂”施工细节

AI质量安全管理系统的核心竞争力在于定制化算法模型，通过海量工程数据训练，实现对复杂施工场景的精准识别与分析，为质量安全管控提供“智慧判断”能力。

目标检测算法：针对施工现场的小目标（如安全帽、反光衣）和复杂背景，采用改进的YOLOv8模型，引入注意力机制提升特征提取能力，使安全帽识别准确率达98%，即使在逆光、遮挡等恶劣环境下，识别精度仍保持在90%以上。

缺陷识别算法：通过深度学习混凝土表面纹理、颜色、形态等特征，构建多尺度特征融合网络，可区分蜂窝与麻面的细微差异（如蜂窝孔洞直径 $\geq 5\text{mm}$ ，麻面为表面不平整但无孔洞），误判率低于3%。

进度对比算法：将无人机扫描的三维点云数据与BIM计划模型进行像素级比对，通过计算“已施工区域占计划区域的比例”，自动生成工序完成度，误差小于2%，为进度管控提供量化依据。

参数测量算法：基于激光雷达点云数据，开发空间参数计算模型，可自动拟合地面、墙面的三维曲面，计算平整度、垂直度等参数，效率是人工测量的10倍以上。

这些算法部署在边缘计算设备上，确保数据处理延迟不超过1秒，满足实时管控需求。同时，系统支持算法迭代升级，通过持续学习新项目数据，不断提升识别精度。

应用价值

从“被动应对”到“主动预防”

AI质量安全管理系统的广泛应用，彻底改变了传统质量安全管理模式，实现了四大转变，为建筑业带来显著价值。

管理模式转变：从“人工巡检+事后整改”变为“自动监测+提前预警”。例如，在深圳工业软件园项目中，系统通过AI识别发现一处临边防护缺失，在工人靠近前10分钟发出预警，管理人员及时设置防护栏，避免了坠落风险；某项目通过混凝土缺陷趋势分析，发现某批次模板支护存在共性问题，提前更换模板，减少了后续缺陷产生。

效率提升：单人日均管理面积从传统的500 m^2 增至2000 m^2 ，质量验收时间缩短60%。在合肥地铁4号线项目中，AI系统替代人工完成隧道管片质量检测，原本需要3人1天的工作量，现在仅需1台机器狗2小时即可完成，且检测数据更精准。

成本节约：通过减少返工、避免安全事故，显著降低项目成本。某医院项目应用后，因质量缺陷减少返工节约成本800万元；某住宅项目因提前发现安全隐患，避免了一起可能导致50万元损失的安全事故。

数据沉淀：所有检测数据自动存档，形成项目质量安全数字档案，包含缺陷位置、整改记录、责任人等信息，为后期复盘、验收、运维提供完整依据。某项目在竣工后因业主质疑混凝土强度，通过系统调取施工时的缺陷检测记录与试块养护数据，快速回应了质疑，避免了纠纷。

标杆案例

技术落地见证变革力量

深圳龙华妇幼保健院

项目应用“无人机+机器狗+AI系统”协同管理。无人机巡检识别3处裸土未覆盖，整改后通过环保验收；机器狗检测手术室墙面平整度，发现2处超2毫米偏差，整改确保医疗设备安装精度；AI摄像头实时监控，累计识别23次未戴安全帽行为，违规率从15%降至1%。

珠海摩天宇厂区

针对飞机维修厂房建设，无人机扫描识别5处焊接飞溅超标，优化焊接工艺；机器狗巡检发现2处高空护栏松动，及时预警避免坠落；激光雷达测量确保地面平整度满足设备安装精度。

未来展望

AI深度融入建造全流程

AI质量安全管理系统将持续迭代升级，进一步拓展应用场景，推动质量安全管理向“更智能、更主动”发展，将拓展应用场景，推动管理更智能主动，包括融合数字孪生模拟事故、开发模型预测风险、引入多模态交互提升效率等。

AI质量安全管理系统正以技术创新守护建筑施工的“生命线”，推动建筑业从“经验驱动”向“数据驱动”转型，为工程质量与施工安全提供坚实保障，助力打造“优质、安全、高效”的精品工程。

技术体系

“空天地”一体化监测网络

AI质量安全管理系统采用“无人机+机器狗+固定设备”的协同模式，实现室外与室内、空中与地面的全覆盖，消除监测盲区，确保质量安全管控无死角。

“无人机+AI”： 室外作业面的智能监管

无人机搭载高清相机、激光雷达与GPS模块，通过无人值守机场实现自动化巡检，每周对施工现场进行2-3次全覆盖扫描，结合定制AI算法完成三大核心任务：

工序级进度自动监管

无人机对施工现场进行三维图像重构，AI算法通过识别不同工序的特征（如钢筋绑扎的网格形态、模板安装的几何结构），自动判断作业面完成状态。系统联动BIM计划模型，计算实际进度与计划的偏差，生成进度预警报表。在深圳龙优数创大厦项目中，该功能发现楼板浇筑工序滞后1天，立即推送预警至管理人员，通过增派班组追回工期，避免了关键线路延误。

梁柱定位精准核对

在混凝土浇筑前，无人机拍摄作业面正张照片，AI算法自动识别梁柱截面尺寸与位置，与CAD图纸叠加对比，判别现场梁柱数量及位置的符合性。深圳工业软件园项目应用后，梁柱定位误差控制在5毫米内，较传统人工测量精度提升80%，避免了因定位偏差导致的结构安全风险。

安全隐患智能识别

基于无人机拍摄的全域影像，AI算法可识别6类15项安全文明隐患，包括裸土未覆盖、人员未佩戴安全帽、电线拖地、临边防护缺失、消防器材过期、积水等。系统自动生成隐患清单，标注位置与严重程度，并推送至责任人员手机，形成“发现-整